

# 電動発電機実験装置

*MG-DS-120P*

(1.5kW 直流電動機×1kW 三相同期発電機＋実験装置盤)

*MG-DS-220P*

(2.2kW 直流電動機×2kW 三相同期発電機＋実験装置盤)

## 取扱説明書

お願い

この取扱説明書は、実際に御使用になられる方のお手元にも必ず届くよう、お取り計らい下さい。

株式会社 精工社製作所



# 1. もくじ

---

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1. もくじ                  | 1  |
| 2. 安全上の注意事項             | 2  |
| 3. 警告ラベル貼付位置            | 4  |
| 4. 定格仕様 [電動発電機] [実験装置盤] | 6  |
| 5. 実験装置器機配置             | 8  |
| 6. 盤面取付器機の配線            | 9  |
| 7. 電源入力端子台              | 11 |
| 8. 直流電動機 [始動試験]         | 12 |
| 9. 直流電動機 [速度制御]         | 14 |
| 10. 直流電動機 [負荷特性試験]      | 16 |
| 11. 三相同期発電機 [無負荷飽和特性試験] | 18 |
| 12. 三相同期発電機 [短絡試験]      | 20 |
| 13. 三相同期発電機 [負荷特性試験]    | 22 |
| 14. 付録 [指示計器の新表示法]      | 24 |

## 2.安全上の注意事項

据付、運転、保守、点検の前に必ずこの取扱説明書とその他の付属書類のすべてについて熟読し、正しく御使用ください。機器の知識、安全の情報、そして注意事項の全てについて習熟してから御使用ください。

この取扱説明書では、安全注意事項のランクを「高度の危険」、「危険」、「注意」として区分してあります。



**高度の危険**

取扱を誤った場合に、極度に危険な状況が起こりえて、死亡又は重傷を受ける可能性が想定される場合。



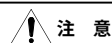
**危険**

取扱を誤った場合に、危険な状況が起こりえて、死亡又は重傷を受ける可能性が想定される場合。



**注意**

取扱を誤った場合に、危険な状況が起こりえて、中程度の傷害や軽傷を受ける可能性が想定される場合及び物的損害のみの発生が想定される場合。



**注意**

に記載した事項でも、状況によっては重大な結果に結びつく可能性があります。いずれも重要な内容を記載しておりますので、必ず守ってください。

## 2.安全上の注意事項



### 危 険

- 危険な為、運搬したり据え付ける場合は、本体の下に手や足を絶対に入れないで下さい。
- 感電の危険がある為、配線工事をする場合は電源を必ず切り確認の後に工事を行って下さい。
- 火災の危険がある為、水滴の掛かった状態での運転は絶対にしないで下さい。
- 感電の危険がある為、濡れた手での操作は絶対にしないで下さい。
- 感電の危険がある為、電気回路、器具等の保守点検を行う場合は電源を「OFF」にして行って下さい。
- クラッチカップリングを入り・切りする場合は、回転が完全に停止している事を確認の上行って下さい。

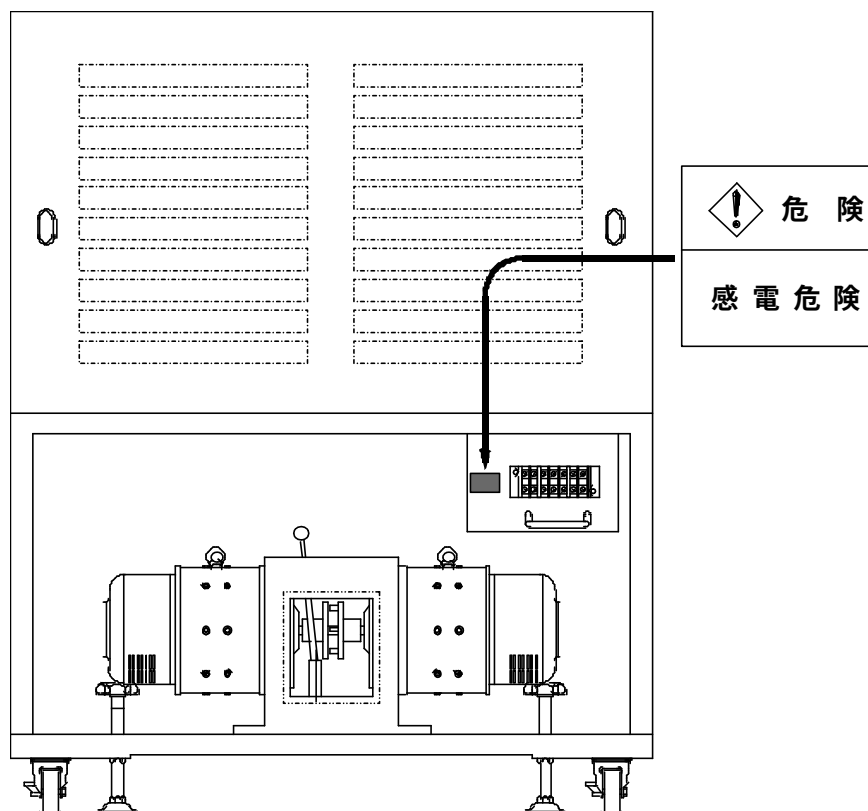
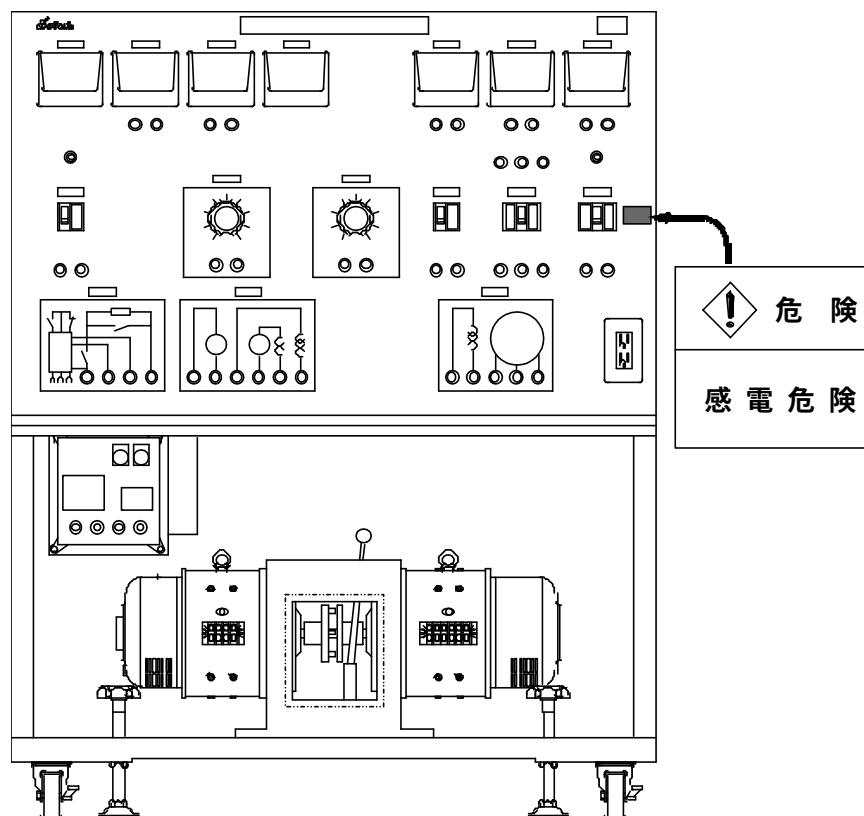


### 注 意

- 感電を防ぐ為、アース端子を接地して下さい。
- 本器への損傷を防ぐ為、抵抗器又は変圧器のタップ位置は正当な理由のない限り変更しないで下さい。
- 転倒の恐れがある為、キャスタ付機器の上に乗らないで下さい。
- 正当な理由のない限り分解、組立は行わないで下さい。
- 安全を確保する為、警告ラベルが剥がれたり汚損した場合は新しい物と取り換えて下さい。

### 3.警告ラベル貼付位置

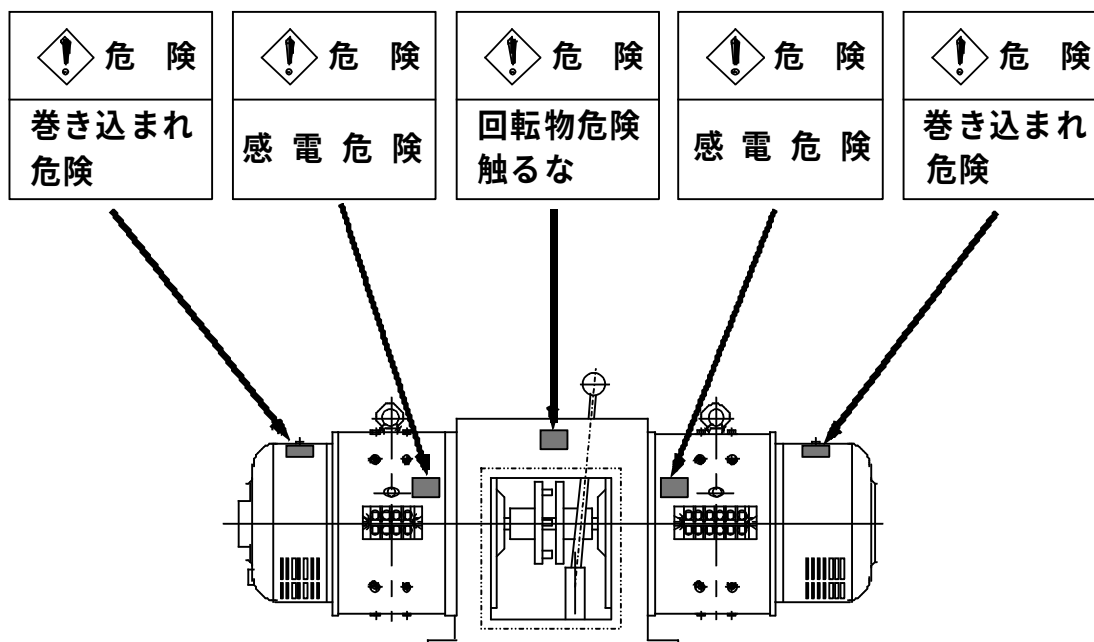
図中の  は警告ラベルを表します。



※ 図は警告ラベルの貼付位置を示したもので、形式、盤面形状により異なる場合があります。

### 3.警告ラベル貼付位置

図中の■は警告ラベルを表します。



- ☐ 警告ラベル(巻き込まれ危険)は防滴板上部に貼り付け。
- ☐ 警告ラベル(感電危険)は端子台上方に貼り付け。
- ☐ 警告ラベル(回転物危険触るな)は直結枠上部の前後に貼り付け。

## 4. 定格仕様

### ■ 電動発電機

| 形式   | MG-DS-120P             |                        |                        |                        |
|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|      | 電動機                    |                        | 発電機                    |                        |
| 機種   | 直流                     |                        | 三相同期                   |                        |
| 容量   | 1.5 kW                 |                        | 1 kW                   |                        |
| 極数   | 4 P                    |                        | 4 P                    |                        |
| 回転速度 | 1500 min <sup>-1</sup> | 1800 min <sup>-1</sup> | 1500 min <sup>-1</sup> | 1800 min <sup>-1</sup> |
| 電圧   | 100 V                  |                        | 200 V                  | 220 V                  |
| 電流   | 19 A                   |                        | 2.9 A                  | 2.62 A                 |
| 巻線方式 | 分巻                     |                        | 他励                     |                        |
| 周波数  | —                      |                        | 50 Hz                  | 60 Hz                  |
| 相数   | —                      |                        | 3Φ3W                   |                        |
| 時間定格 | 連続                     |                        | 連続                     |                        |
| 枠番号  | SS-1.2D                |                        | 4A-1.2                 |                        |

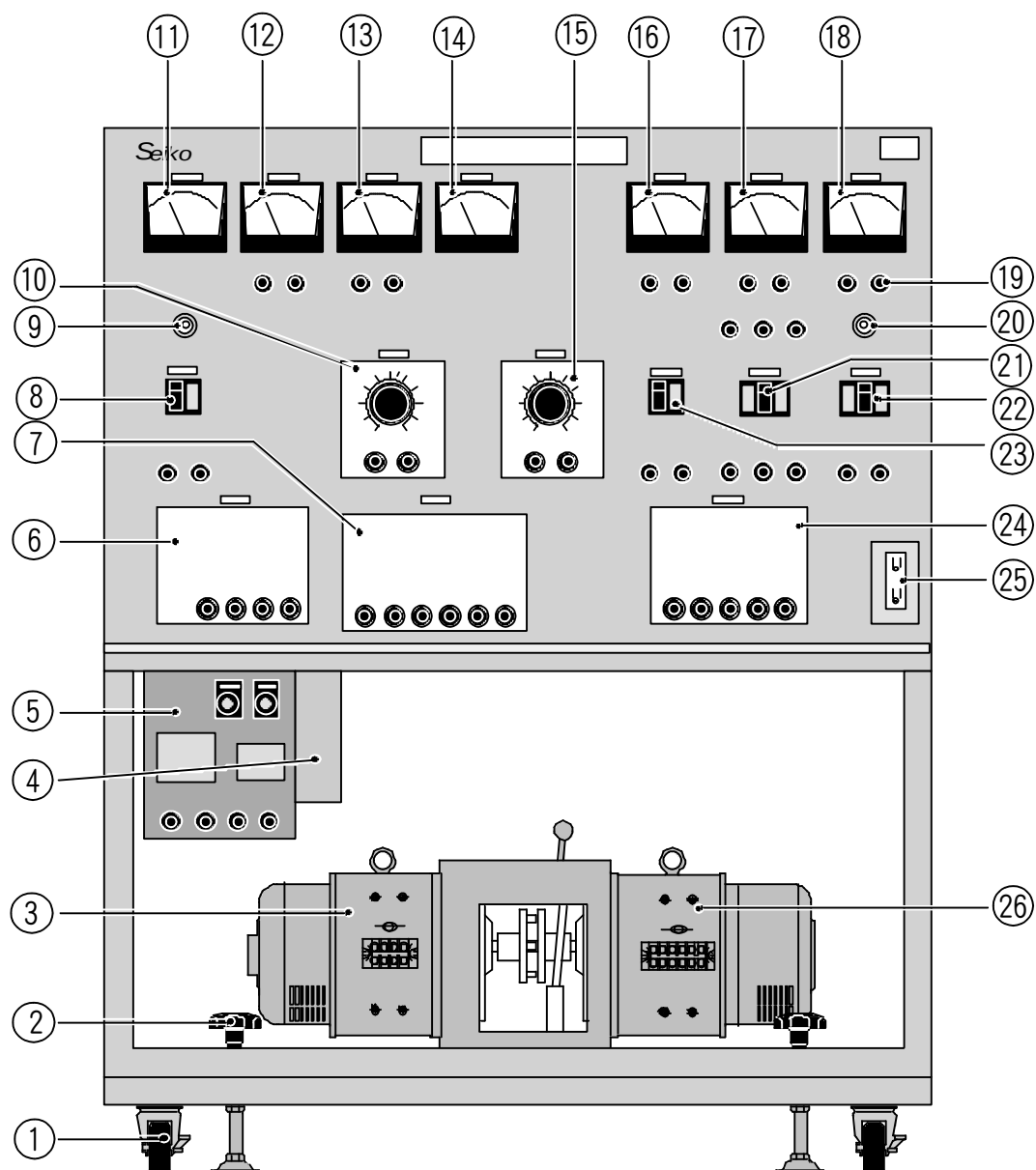
| 形式   | MG-DS-220P             |                        |                        |                        |
|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|      | 電動機                    |                        | 発電機                    |                        |
| 機種   | 直流                     |                        | 三相同期                   |                        |
| 容量   | 2.2 kW                 |                        | 2 kW                   |                        |
| 極数   | 4 P                    |                        | 4 P                    |                        |
| 回転速度 | 1500 min <sup>-1</sup> | 1800 min <sup>-1</sup> | 1500 min <sup>-1</sup> | 1800 min <sup>-1</sup> |
| 電圧   | 100 V                  |                        | 200 V                  | 220 V                  |
| 電流   | 27 A                   |                        | 5.8 A                  | 5.25 A                 |
| 巻線方式 | 分巻                     |                        | 他励                     |                        |
| 周波数  | —                      |                        | 50 Hz                  | 60 Hz                  |
| 相数   | —                      |                        | 3Φ3W                   |                        |
| 時間定格 | 連続                     |                        | 連続                     |                        |
| 枠番号  | SS-1.5D                |                        | 4A-1.5                 |                        |

## 4. 定格仕様

### ■ 実験装置盤

| 機器名             |       | MG-DS-120P               | MG-DS-220P               |
|-----------------|-------|--------------------------|--------------------------|
| 直流 100V 電源電圧計   |       | DC 0～150V                | DC 0～150V                |
| 回転速度計           |       | 0～2500 min <sup>-1</sup> | 0～2500 min <sup>-1</sup> |
| 電動機入力電流計        |       | DC 0～30A                 | DC 0～40A                 |
| 電動機界磁電流計        |       | DC 0～2A                  | DC 0～2A                  |
| 発電機出力電圧計        |       | AC 0～300V                | AC 0～300V                |
| 発電機出力電流計        |       | AC 0～4A                  | AC 0～10A                 |
| 発電機界磁電流計        |       | DC 0～2.5A                | DC 0～4A                  |
| 直流 100V 電源遮断器   |       | 30AF/30AT 2P             | 30AF/30AT 2P             |
| 単相 100V 電源遮断器   |       | 30AF/10AT 2P             | 30AF/10AT 2P             |
| 直流 100V 励磁電源遮断器 |       | 30AF/3AT 2P              | 30AF/3AT 2P              |
| 負荷遮断器           |       | 30AF/5AT 3P              | 30AF/10AT 3P             |
| 直流 100V 電源表示灯   |       | DC 100V LED              | DC 100V LED              |
| 単相 100V 電源表示灯   |       | AC 100V LED              | AC 100V LED              |
| 電動機用自動始動器       |       | STD-1                    | STD-2                    |
| 電動機用界磁調整器       |       | 200W 150Ω B              | 200W 100Ω B              |
| 発電機用界磁調整器       |       | 300W 150Ω A              | 500W 120Ω A              |
| 単相 100V コンセント   |       | 接地付ダブルコンセント              | 接地付ダブルコンセント              |
| ディスプレイ          |       | 直流分巻電動機                  | 直流分巻電動機                  |
|                 |       | 始動抵抗器                    | 始動抵抗器                    |
|                 |       | 電動機用界磁調整器                | 電動機用界磁調整器                |
|                 |       | 三相同期発電機                  | 三相同期発電機                  |
|                 |       | 発電機用界磁調整器                | 発電機用界磁調整器                |
| 電源端子台           |       | 600V 50A 定格              | 600V 50A 定格              |
| キャスタ            |       | φ75 ストッパー付 4 個           | φ75 ストッパー付 4 個           |
| ストッパー           |       | 前面操作 2 個                 | 前面操作 2 個                 |
| 寸法(mm)          | W     | 1200                     | 1200                     |
|                 | H (約) | 1500                     | 1500                     |
|                 | D     | 700                      | 700                      |
| 重量 (約)          |       | 260kg (電動発電機を含む)         | 270kg (電動発電機を含む)         |

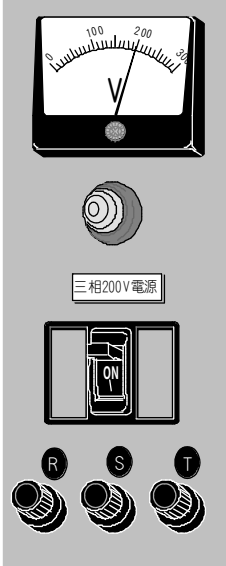
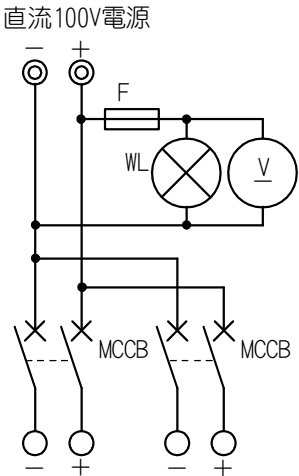
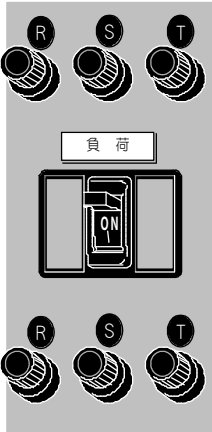
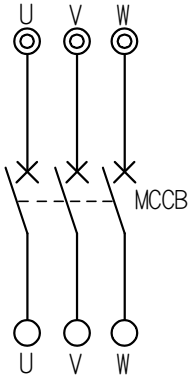
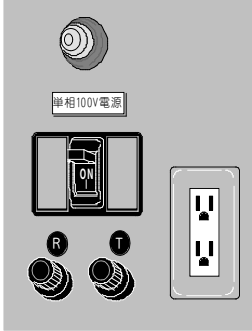
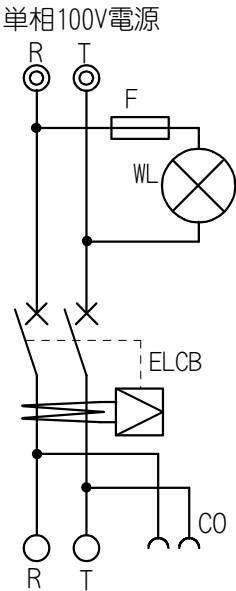
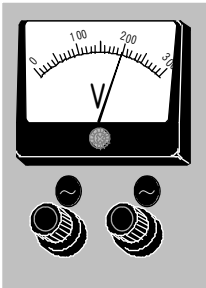
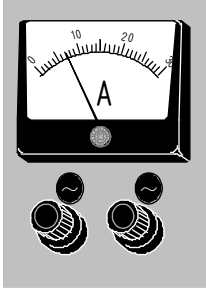
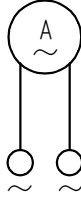
## 5. 実験装置機器配置



|    |                |    |                |    |                |
|----|----------------|----|----------------|----|----------------|
| 1  | キャスター          | 11 | 電圧計(直流 100V)   | 21 | 負荷遮断器          |
| 2  | ストッパー          | 12 | 電流計(電動機入力電流)   | 22 | 電源遮断器(单相 100V) |
| 3  | 電動機            | 13 | 電流計(電動機界磁電流)   | 23 | 遮断器(励磁電源)      |
| 4  | 電源端子台(裏面側)     | 14 | 回転速度計          | 24 | ディスプレイ(発電機)    |
| 5  | 自動始動器          | 15 | 界磁調整器(発電機用)    | 25 | 单相 100V コンセント  |
| 6  | ディスプレイ(自動始動器)  | 16 | 電圧計(発電機出力電圧)   | 26 | 発電機            |
| 7  | ディスプレイ(電動機)    | 17 | 電流計(発電機出力電流)   |    |                |
| 8  | 電源遮断器(直流 100V) | 18 | 電流計(発電機界磁電流)   |    |                |
| 9  | 電源表示灯(直流 100V) | 19 | 実験端子           |    |                |
| 10 | 界磁調整器(電動機用)    | 20 | 電源表示灯(单相 100V) |    |                |

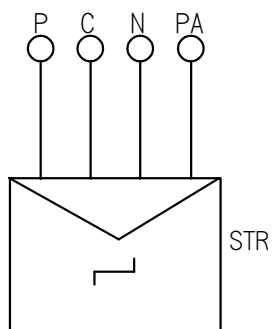
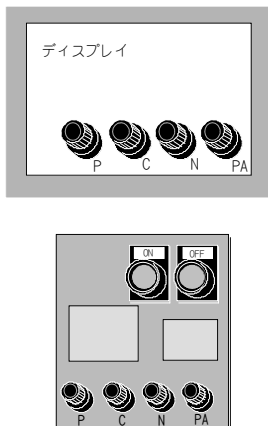
## 6. 盤面取付機器の配線

実験装置に取り付けられている機器のほぼすべてについて既に配線が施されています、実験を行う場合には、それぞれの実験端子と各機器間を接続して行います。

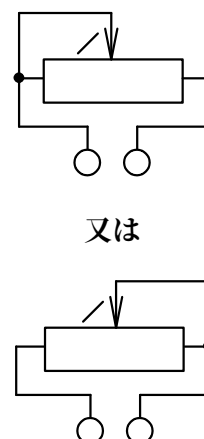
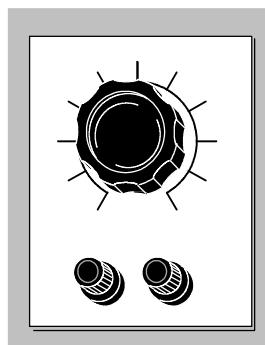
| 直流 100V 電源                                                                          |                                                                                     | 負荷                                                                                   |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |    |    |
| 単相 100V 電源                                                                          |                                                                                     | 実験用接続電圧計                                                                             |                                                                                       |
|  |  |  |  |
|                                                                                     |                                                                                     | 実験用接続電流計                                                                             |                                                                                       |
|                                                                                     |                                                                                     |  |  |

## 6. 盤面取付機器の配線

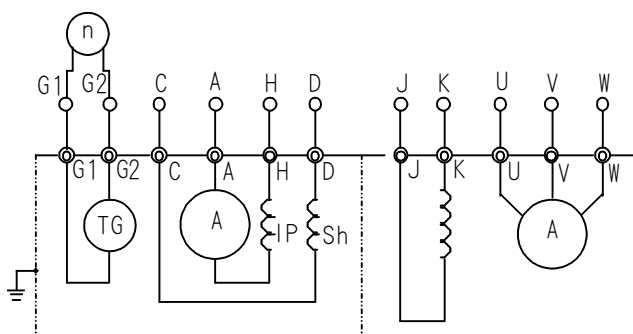
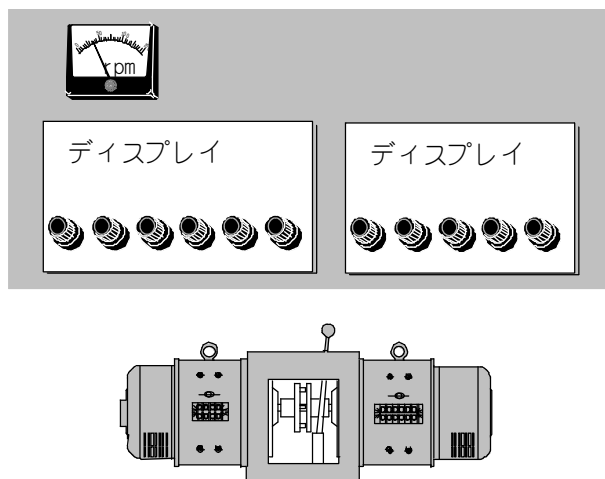
## 始動抵抗器



## 界磁調整器



**電動発電機**

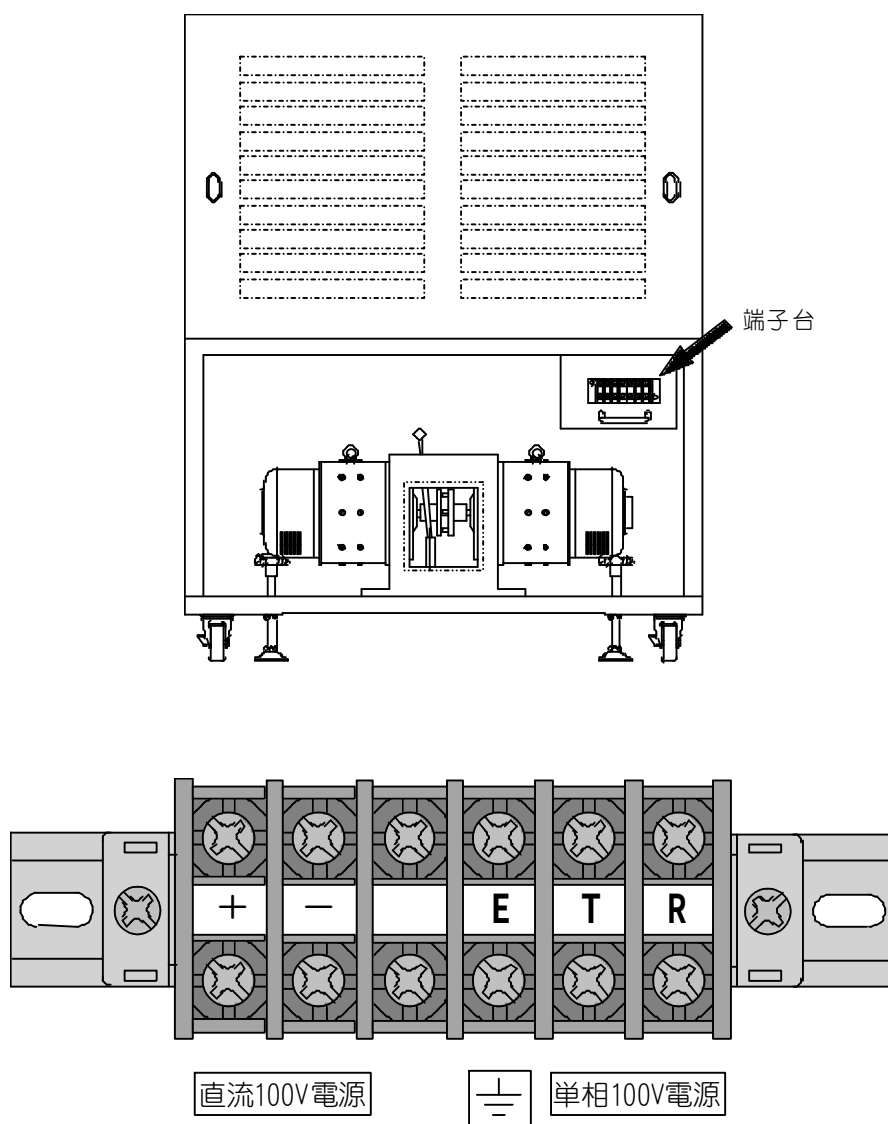


## 7. 電源入力端子台

電源入力端子台には、直流 100V 電源と単相 100V 電源が接続できます。

それぞれの最大電流値は、前項 6. 盤面取付機器の配線にあるように遮断器の容量によって決まります、遮断器容量は、4. 定格仕様[実験装置盤]に記載されています。

電源供給配線は電流容量と電圧降下を考慮した太さの電線を使用して下さい。また、接地は感電事故防止のため電気設備技術基準に定められた接地を必ず行って下さい。



| 定格          |                          |
|-------------|--------------------------|
| 絶縁電圧        | 600V                     |
| 適合圧着端子と最大電流 | 3.5mm <sup>2</sup> — 30A |
|             | 5.5mm <sup>2</sup> — 40A |
|             | 8mm <sup>2</sup> — 50A   |
| 端子ネジ        | M5×12 土 セルフアップ           |
| 締め付けトルク     | 2.2~2.8N・m               |

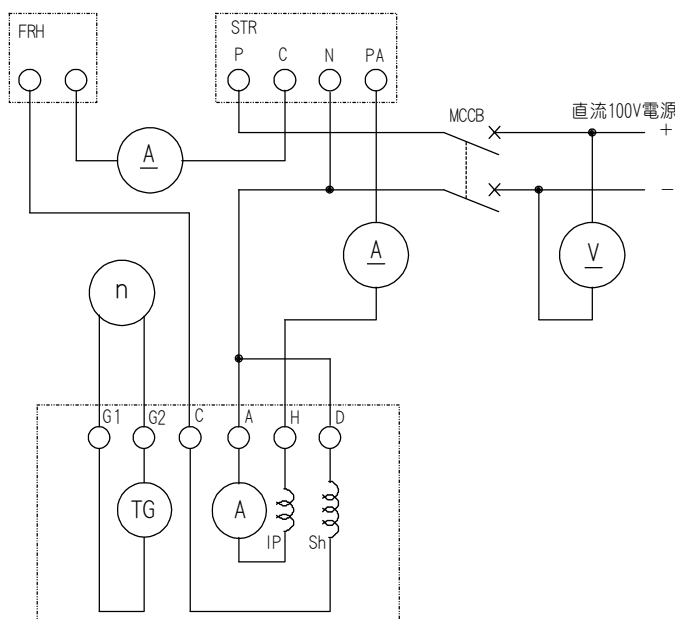
## 8. 直流電動機 [始動試験]

直流電動機の始動電流  $I_a$  は、供給電圧  $V$  (V)、逆起電力  $E$  (V)、電機子回路抵抗  $R$  ( $\Omega$ ) とすると次式で表されます。

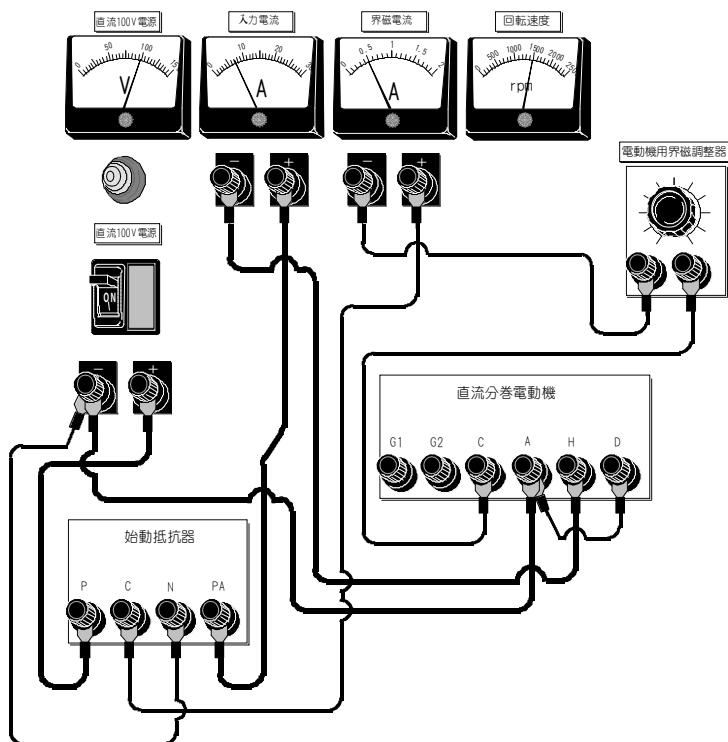
$$\text{電機子電流 } I_a (\text{A}) = \frac{\text{供給電圧 } V (\text{V}) - \text{逆起電力 } E (\text{V})}{\text{電機子回路抵抗 } R (\Omega)}$$

始動時には  $E=0$  であり  $R_a$  は極めて小さいため電機子回路抵抗に直接  $V$  (V) を加えると過大な電機子電流  $I_a$  (A) が流れます。これを防ぐために、始動抵抗器を電機子回路に直列に接続し、始動電流を制限する方法が用いられます。

### ■ 配線図



### ■ 盤面配線図



## 8. 直流電動機 [始動試験]

---

### ■ 実験順序

1. 盤面配線図を参考にして結線をします。
2. 界磁調整器のハンドルを抵抗最小の位置にします。
3. 直流 100V 電源遮断器を ON にします。
4. 自動始動器の ON 釦を押します。
5. 始動中の入力電流変化を入力電流計で確認します。
6. 始動が終了したら、界磁調整器のハンドルを回し回転速度が定格回転数になるよう調整します。

## 9. 直流電動機 [速度制御]

直流電動機の速度  $N$  は、供給電圧  $V$  (V)、電機子電流  $I_a$  (A)、電機子回路抵抗  $R$  ( $\Omega$ )、毎極の磁束  $\phi$  とすると次式で表されます。

$$\text{速度 } N (\text{min}^{-1}) = \frac{V - I_a \cdot R}{K \cdot \phi} \quad K : \text{定数}$$

したがって、直流電動機の変速するには、 $V$ 、 $R$ 、 $\phi$  のいずれかを変化させればよいことが分かります。そこで、次のような方法があります。

(1) 電圧制御法 供給電圧  $V$  を加減する方法で、広範囲の速度制御が効率よく行えます。ワードレオナード方式、イルグナ方式などがあります

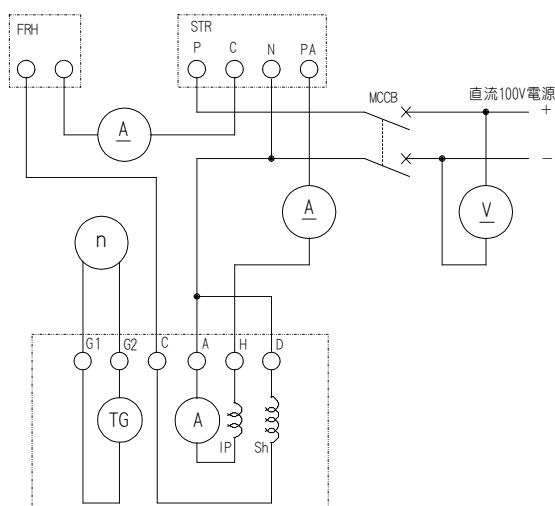
(2) 抵抗制御法 電機子回路に直列抵抗を入れ、電機子回路抵抗  $R$  を加減する方法で、抵抗による電力損失が大きく、負荷の変動による速度変化が著しくなるので、主に直巻電動機に用いられます。

(3) 界磁制御法 界磁調整器によって界磁電流を加減して毎極の磁束  $\phi$  を変化させる方法です。界磁の磁束をあまり弱めると運転が不安定となるため、調整範囲には限度があります。

速度制御の実験では、(3) 界磁制御法 を用いた実験を行います。

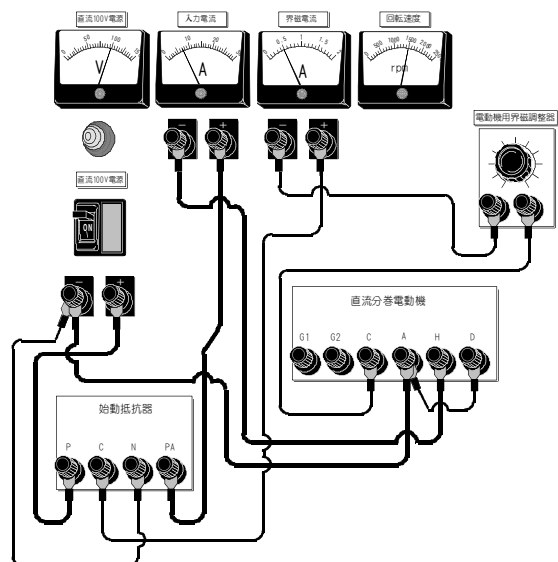
### ■ 配線図

※配線は始動試験と同一です)



### ■ 盤面配線図

※配線は始動試験と同一です)



## 9. 直流電動機 [速度制御]

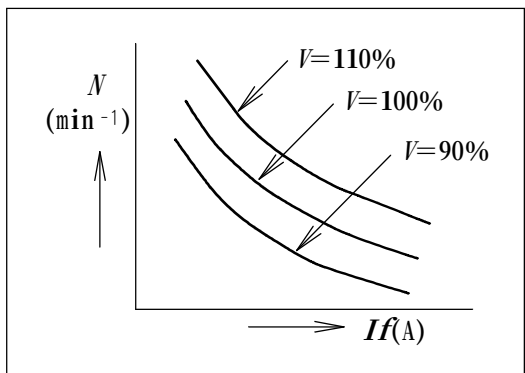
### ■ 実験順序

1. 盤面配線図を参考にして結線をします。
2. 前項[始動試験]の方法で電動機を始動します。
3. 運転状態になったら界磁調整器(電動機)を加減し、供給電圧  $V$  (V)、電機子電流  $I_a$  (A)、界磁電流  $I_f$  (A)、回転速度  $N$  ( $\text{min}^{-1}$ )を測定し、表 9・1 に記録します。
4. 供給電圧  $V$  (V)を定格電圧の 110%および 90%にして同様の実験を行います。
5. 表 9・1 の記録から図 9・1 の曲線を描きます。

表 9・1

| 供給電圧<br>$V$ (V) | 界磁電流<br>$I_f$ (A) | 電機子電流<br>$I_a$ (A) | 回転速度<br>$N$ ( $\text{min}^{-1}$ ) |
|-----------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|
|                 |                   |                    |                                   |

図 9・1



## 10. 直流電動機 [負荷特性試験]

直流電動機に負荷を加えたとき、回転数がどのように変化をするか調べます。

電動機の世界変動率は、定格負荷時の速度  $N_n$ 、無負荷時の速度  $N_0$  より次式で求めます。

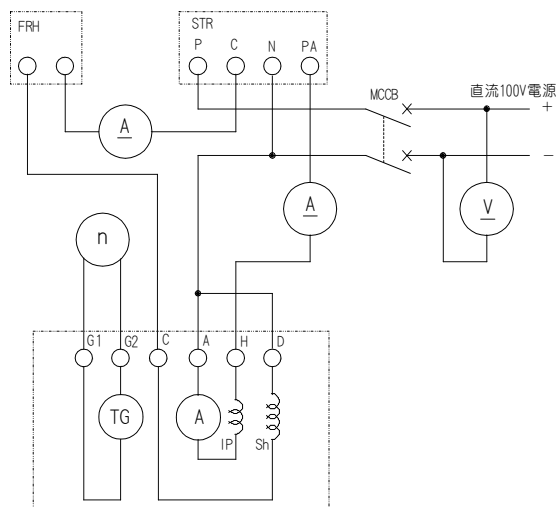
$$\text{速度変動率} = \frac{\text{無負荷時の速度 } N_0 - \text{定格負荷時の速度 } N_n}{\text{定格負荷時の速度 } N_n} \times 100 (\%)$$

また、入力  $P$  (W) は、供給電圧  $V$  (V)、と電機子電流  $I_a$  (A) より次式で求めます。

$$\text{入力 } P \text{ (W)} = \text{供給電圧 } V \text{ (V)} \times \text{電機子電流 } I_a \text{ (A)}$$

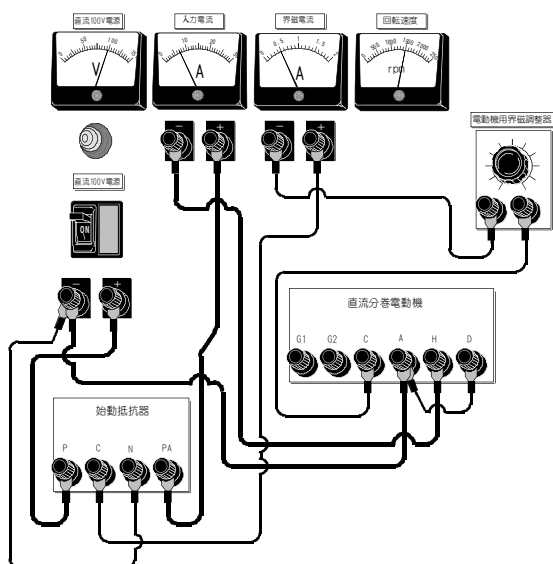
### ■ 配線図 (直流分巻電動機)

※配線は始動試験と同一です



### ■ 盤面配線図

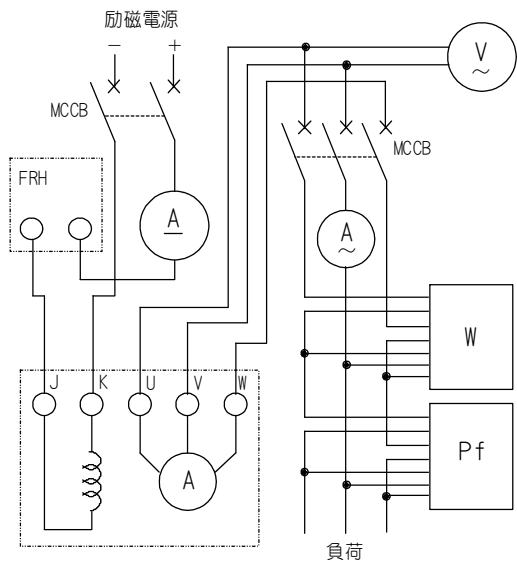
※配線は始動試験と同一です



10. 直流電動機 [負荷特性試験]

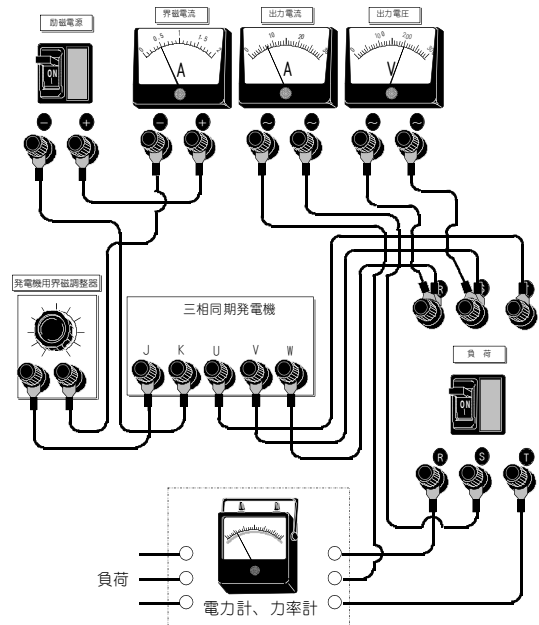
■ 配線図 (三相同期発電機)

※配線は三相同期発電機(負荷試験)と同一です



■ 盤面配線図

※配線は三相同期発電機(負荷試験)と同一です



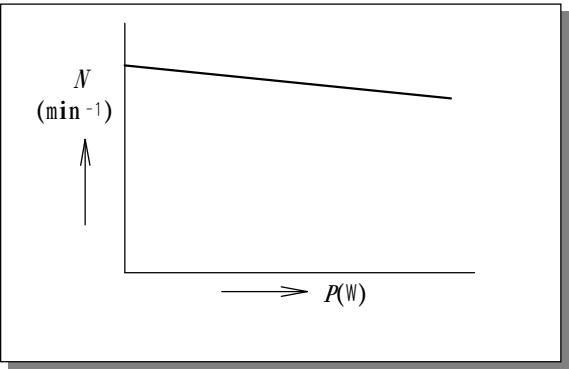
■ 実験順序

1. 電動機を始動します。
2. 電動機が定格電圧、定格速度、定格電流になるように、発電機の負荷を調整します。
3. 供給電圧  $V(V)$ 、電機子電流  $I_a(A)$ 、回転速度  $N(\text{min}^{-1})$ を測定し、表 10.1 に記録します。
4. 供給電圧を一定にし、電動機用界磁調整器を変化させずに負荷電流を減少させ無負荷となるまで各ポイントのそれぞれの値を測定し記録します。
5. 入力及び速度変動率を計算し記録します。
6. 表 10・1 の記録から図 10・1 の曲線を描きます。

表 10・1

| 供給電圧<br>$V(V)$ | 電機子電流<br>$I_a(A)$ | 回転速度<br>$N(\text{min}^{-1})$ | 入力<br>$P(W)$ | 速度変動率<br>(%) |
|----------------|-------------------|------------------------------|--------------|--------------|
|                |                   |                              |              |              |

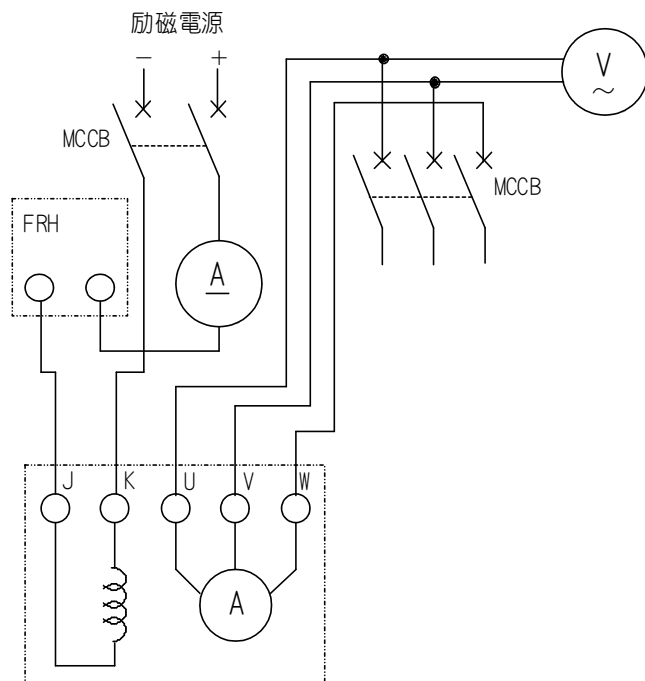
図 10・1



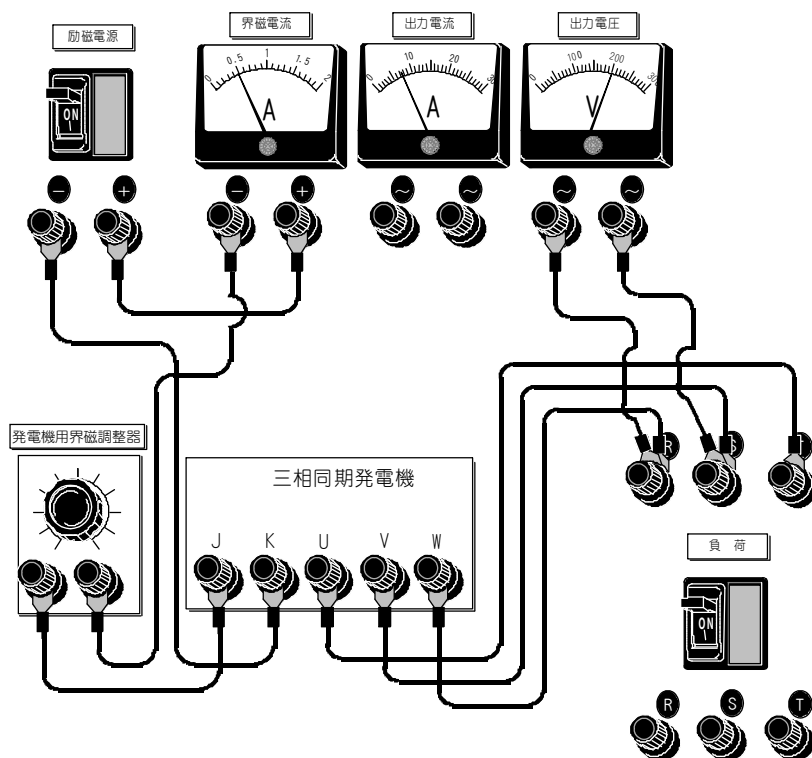
## 11. 三相同期発電機 [無負荷飽和特性試験]

発電機を一定速度で運転し、界磁電流  $I_f(A)$  を零から順次増加させると、界磁束  $\Phi$  はほぼこれに比例します。したがって、誘導起電力  $E_a(V)$  も比例して変化しますが残留磁気および飽和現象によって界磁電流  $I_f(A)$  の変化は誘導起電力  $E_a(V)$  に比例しなくなります。

### ■ 配線図



### ■ 盤面配線図



## 11. 三相同期発電機 [無負荷飽和特性試験]

### ■ 実験順序

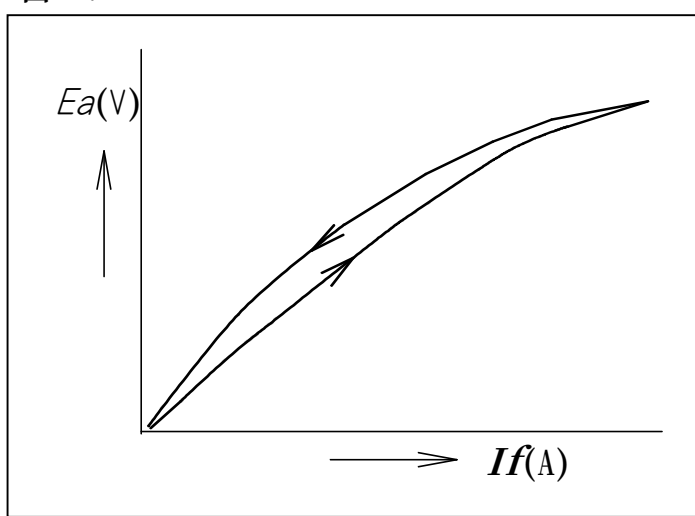
1. 盤面配線図を参考にして結線をします。
2. 界磁調整器のハンドルを抵抗最大の位置にします。
3. 負荷遮断器が「OFF」になっている事を確認します。
4. 電動機を始動します。
5. 界磁調整器を調整し、界磁電流  $I_f(\text{A})$  を順次増加させその時の誘導起電力  $E_a(\text{V})$  を測定し、表 11.1 に記録します。
6. 誘導起電力  $E_a(\text{V})$  の指示値が 130%～150% になって飽和現象が現れてきたら界磁電流  $I_f(\text{A})$  を順次減少させ、同じく表 11.1 に記録します。
7. 表 11.1 の記録から図 11.1 を画きます。

“注意” 無負荷飽和特性の実験を行っている場合、界磁電流  $I_f(\text{A})$  は増加または減少の途中で増減しないでください。

表 11.1

| 上昇                   |                       | 下降                   |                       |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 界磁電流 $I_f(\text{A})$ | 誘導起電力 $E_a(\text{V})$ | 界磁電流 $I_f(\text{A})$ | 誘導起電力 $E_a(\text{V})$ |
|                      |                       |                      |                       |

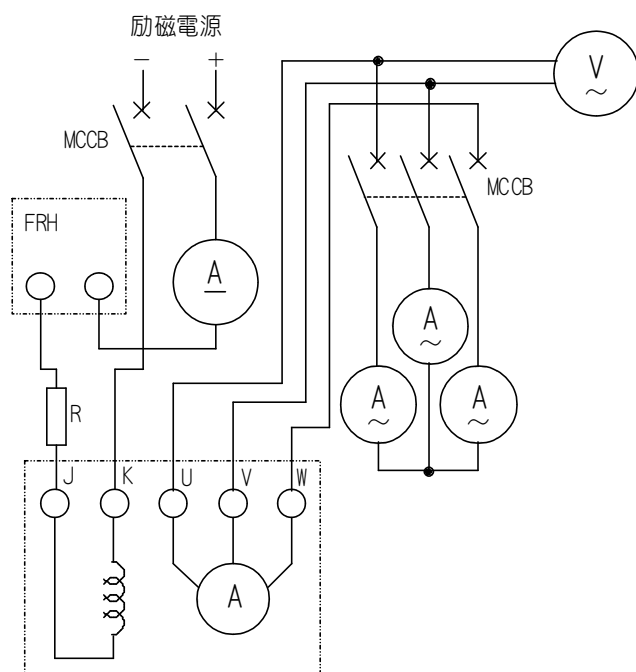
図 11.1



## 12. 三相同期発電機 [短絡試験]

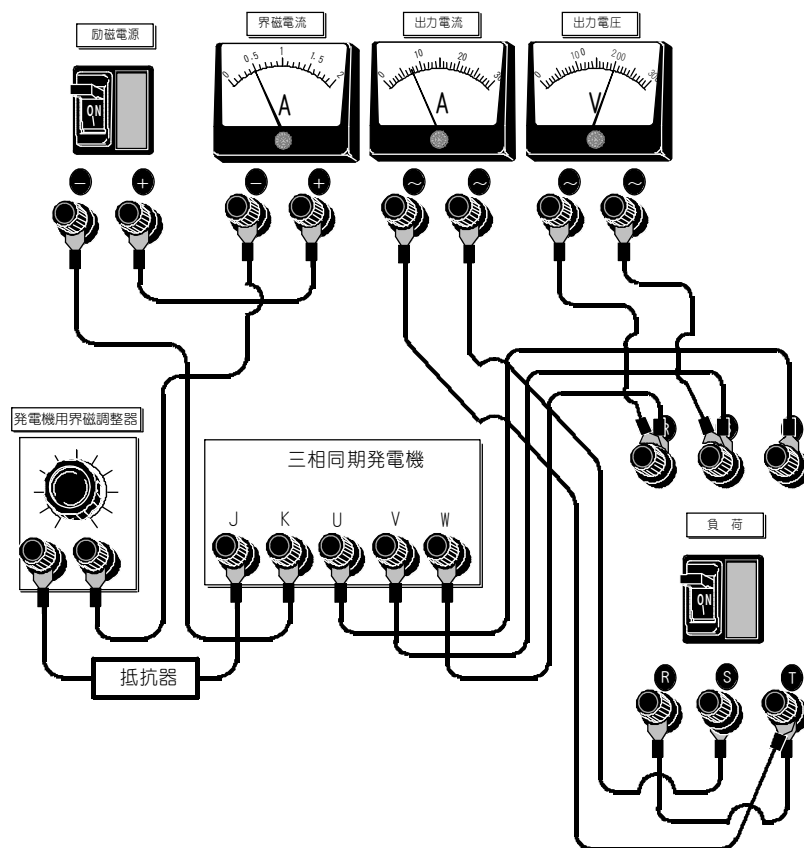
励磁電流  $I_f(A)$  と短絡電流  $I_s(A)$  との関係より、前項の無負荷飽和曲線を使用して同期インピーダンス  $Z_s(\Omega)$  及び短絡比  $k_s$  を求めます。

### ■ 配線図



- ★ 短絡試験の際は、界磁に  $300\Omega$ 、 $150W$  程度の抵抗を直列に挿入し、界磁電流を抑えてください。
- ★ 必要時応じて電流計を挿入し、短絡電流  $I_s(A)$  の平均値を求めてください。

### ■ 盤面配線図



## 12. 三相同期発電機 [短絡試験]

### ■ 実験順序

1. 盤面配線図を参考にして結線をします。
2. 界磁調整器を抵抗最大の位置にします。
3. 負荷遮断器が「OFF」になっている事を確認します。
4. 電動機を始動し、発電機を定格回転速度で運転します。
5. 負荷遮断器を「ON」にし、発電機の出側を短絡します。
6. 界磁調整器を調整し、界磁電流  $I_f(A)$  を順次増加させ、その時の短絡電流  $I_s(A)$  を測定し、表 12.1 に記録します。
7. 短絡電流  $I_s(A)$  の値が定格電流の 130% 程度まで測定します。
8. 表 12.1 の記録および前項の表 11.1 から図 12.1 を書き、図 12.1 から短絡比を求めます。
9. 図 12.1 から同期インピーダンス  $Z_s(\Omega)$  を求め、表 12.2 を作成し、図 12.1 に  $Z_s$  曲線を描きます。

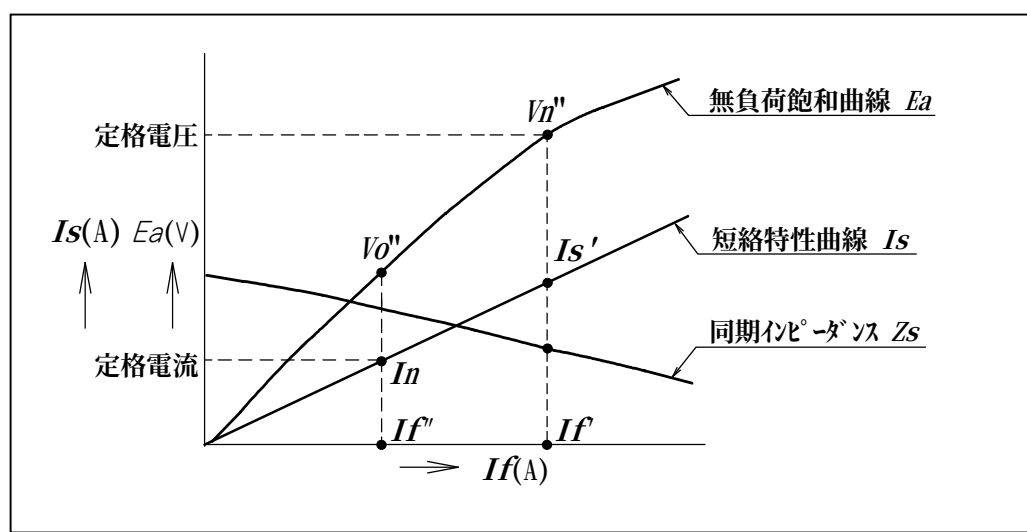
表 12.1

| 界磁電流 $I_f(A)$ | 短絡電流 (A) |       |       |                  |
|---------------|----------|-------|-------|------------------|
|               | $I_1$    | $I_2$ | $I_3$ | $I_s(\text{平均})$ |
|               |          |       |       |                  |

表 12.2

| 界磁電流<br>$I_f(A)$ | 誘導起電力<br>$E_a / \sqrt{3}(V)$ | 短絡電流<br>$I_s(A)$ | 同期インピーダンス<br>$Z_s(\Omega)$ |
|------------------|------------------------------|------------------|----------------------------|
|                  |                              |                  |                            |

図 12.1

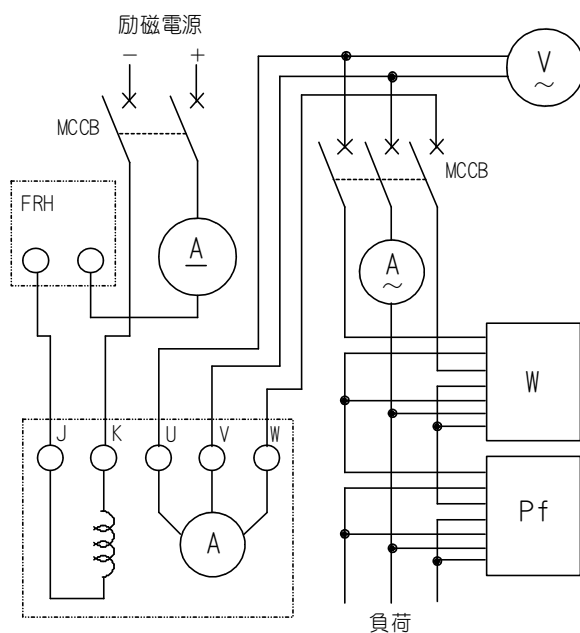


$$\text{短絡比 } k_s = \frac{I_f'}{I_f''} = \frac{I_s'}{I_n}$$

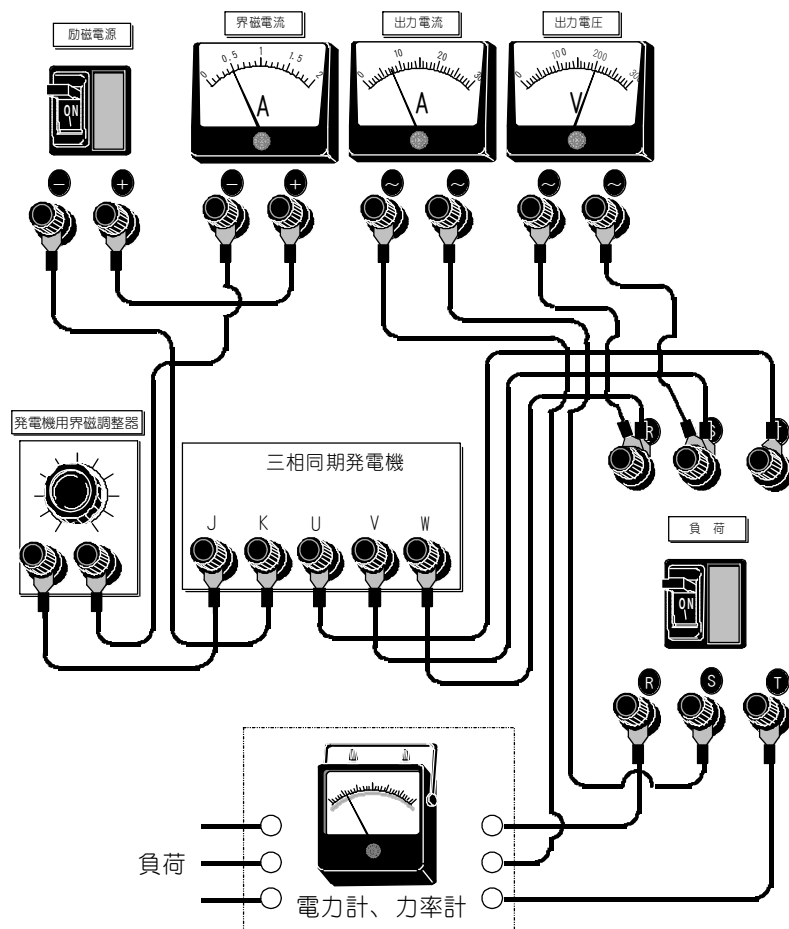
## 13. 三相同期発電機 [負荷特性試験]

三相同期発電機に実負荷を掛け、効率、電圧変動率を算定します。また、負荷力率によってそれらの値がどのように変動するかを調べます。

### ■ 配線図



### ■ 盤面配線図



## 13. 三相同期発電機 [負荷特性試験]

### ■ 実験順序

1. 盤面配線図を参考にして結線をします。
2. 電動機を始動して、発電機が定格回転速度になるように調整します。
3. 負荷遮断器を「ON」にし、力率 100%で定格電流、定格電圧になるように負荷及び界磁電流を調整します。
4. 界磁電流  $If(A)$ 、回転速度  $N(\min^{-1})$ 、力率  $\lambda(\%)$ を一定に保ったまま順次負荷を減少、増加させその時の誘導起電力  $Ea(V)$ 、負荷電流  $I(A)$ 、出力  $P(W)$ などを表 13.1 に記録します。
5. 負荷力率  $\lambda(\%)$ を遅れ 80%、および進み 80(%)で上記と同様に試験をします。
6. 表 13.1 より電圧変動率を式により計算し、表 13.2 に整理します。
7. 表 13.1 の記録から図 13.1 を画きます。

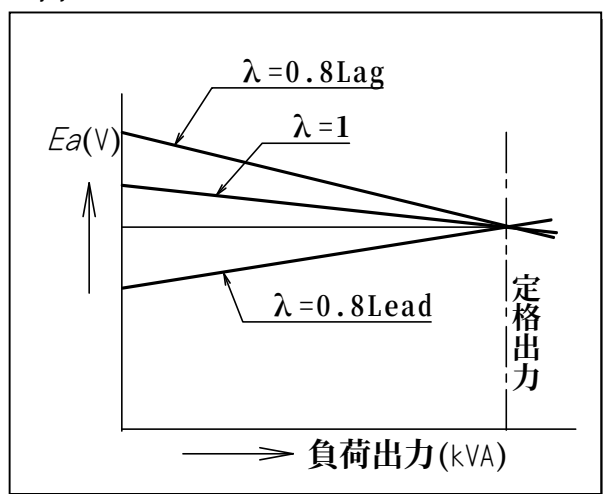
表 13.1

| 回転速度<br>$N(\min^{-1})$ | 周波数<br>$F(Hz)$ | 界磁電流<br>$If(A)$ | 誘導起電力<br>$Ea(V)$ | 負荷電流<br>$I(A)$ | 力率<br>$\lambda(\%)$ | 出力<br>$P(W)$ |
|------------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|---------------------|--------------|
|                        |                |                 |                  |                |                     |              |

表 13.2

| 負荷力率<br>$\lambda(\%)$ | 無負荷端子<br>電圧 $Eo(V)$ | 定格電圧<br>$Vn(V)$ | 電圧変動率<br>(%) |
|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------|
|                       |                     |                 |              |

図 13.1



$$\text{電圧変動率} = \frac{\text{無負荷端子電圧 } Eo(V) - \text{定格電圧 } Vn(V)}{\text{定格電圧 } Vn(V)} \times 100\%$$